宇宙航空の最新情報マガジン 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 機関誌［ジャクサス］

JAXA's

SPECIAL ISSUE

March 2016

特別増刊号

特集

「きぼう」のさらなる利用拡大へ

油井亀美也宇宙飛行士 大いに語る

ISSは、人類の未来の国際協力の姿

宇宙航空の最新情報マガジン

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 機関誌

表紙画像：「きぼう」日本実験棟とシリウス、ベテルギウス。油井宇宙飛行士撮影。

CONTENTS

JAXA'sでは、JAXAが取り組む3つの分野での活動をご紹介していきます。
1 安心・安全な社会を目指す「安全保障・防災」
2 宇宙技術を通して日本の産業に貢献する「産業振興」
3 宇宙の謎や人類の活動領域の拡大に挑む「フロンティアへの挑戦」です。

INTRODUCTION

JAXA's発行責任者の庄司です。1月1日付けで就任しました。宜しくお願いします。
142日間の宇宙滞在を終えた油井亀美也宇宙飛行士の一時帰国にあわせ、今回初めて特別増刊号を企画しました。
皆さまご存じのとおり、油井宇宙飛行士は国際宇宙ステーション(ISS)完成後の運用・利用要員として採用された新世代の宇宙飛行士３人の長男坊です。油井宇宙飛行士は、ISS長期滞在中、様々な宇宙実験に従事したほか、「きぼう」の船内に新たな利用実験環境を構築しました。その任務により、まさに「きぼう」は本格的な利用の時代に入っています。
宇宙飛行士の名前を知っている人は多くても、宇宙での利用実験のことを知っている人は少ないかも知れません。もしかしたら、「実験???、物理は苦手」とか「化学は難しいや」などと、最初から敬遠している方すら居るかも。
今号では、「きぼう」における利用実験について丁寧に説明します。「きぼう」が拓く新たな宇宙利用の未来を、皆さまにもお楽しみいただければ嬉しいです。

ISSから撮影した昼間の関東地方を中心とした太平洋ベルト地帯。油井宇宙飛行士撮影。

Special Interview

YUI KIMIYA

油井亀美也宇宙飛行士大いに語る

［ISSは、人類の未来の国際協力の姿］

2015年12月11日。ソユーズ宇宙船で地球に帰還直後の油井宇宙飛行士。
©JAXA/NASA/GCTC/Andrey Shelepin

油井亀美也宇宙飛行士は142日間の国際宇宙ステーション（ISS）長期滞在を終えて地球に帰還しました。JAXAの新世代の宇宙飛行士の一番手としてのISSでの活動とその成果をふりかえり、「きぼう」利用の今後を考えます。

取材・文:寺門和夫（科学ジャーナリスト）

宇宙からの眺めは、言葉にならないくらい美しかった

――宇宙からの最初のツイッターは地球がよく見えるキューポラからの写真でしたね。あそこから見た地球の印象はいかがでしたか。

油井　やはり言葉にならないくらいきれいでした。ここからの景色を皆さんに見てもらいたいと思い、それからはたくさんの写真や映像を撮って地上に送るようにしました。あとは、大気の薄さですね。地上にいる時には空気は無限にある様に感じていたわけですが、「宇宙から見ると空気はこれだけしかないのか」と驚きました。環境問題に対する意識も高まりましたね。

ISSではそれぞれの文化を尊重しながら仕事をしている

――一緒にソユーズに乗ったクルー、それからISSで一緒だったクルーについて、簡単にご紹介ください。

油井　私たちのソユーズのコマンダーはオレッグ・コニエンコさんで、物静かですけれども非常に能力が高く信頼のおける人でした。エンジニアとして非常に細かいところまで知っており、いろいろな面で頼りになりました。もう1人のチェル・リングリンさんは、宇宙飛行士候補者のときの同期で、6年以上も一緒に訓練をしてきました。何でも話せる素晴らしい仲間だったので、助け合いながら仕事ができました。私の長期滞在中のクルーはベテランの方が多く、ゲナディ・パダルカさんは宇宙滞在の世界記録保持者です。1年滞在を行っているスコット・ケリーさんも非常に長い宇宙飛行経験を持っています。ISSが生活しやすくなるようにいつも気をつけて、地上ともうまくコミュニケーションをとっていました。私にとって将来の参考になる非常に素晴らしいコマンダーでした。ケリーさんと一緒に1年滞在をしているミカエル・コニエンコさんも非常に経験豊富な方で、ロシアのラジオ放

宇宙滞在142日間をふりかえる

「「国際」宇宙ステーションで生まれた新しい文化が、世界中に広がっていけばいいと思います」

送を録音したものを聞かせてもらったりしていました。セルゲイ・ヴォルコフさんはお父さんも宇宙飛行士でした。私が船外活動のサポートをした時には積極的に手伝っていただいたりして、本当にクルーに恵まれたという感じがしています。

——さらに短期の滞在で、デンマークで初めての宇宙飛行士のアンデドレアス・モーゲンセンさんとカザフスタンのアイディン・アイムベトフさんがきました。いかにも「国際」宇宙ステーションという感じでしたね。

油井　そうですね。ISSが素晴らしいのは、それぞれの文化を尊重し合いながら、宇宙で仕事を進めていることです。お互いを尊重し合うという新しい文化というか方法がISSでは根付いています。こうした文化がISSに止まらずに世界中に広まっていけば、地球全体がもっと住みやすいところになるのではないかと思いました。

——ISSの印象はいかがでしたか。

油井　まずISSは非常に広いなと感じました。物は多いのですが、非常に高機能でバックアップもしっかりしていますので、安全に生活できます。とくに6人のクルーを長期間滞在させる能力があるということはわかっていたことですが、実際に長期滞在を経験し、その凄さを改めて思いました。水も空気も極限までリサイクルを行い、太陽電池で発電しています。環境技術が集約された優れた施設です。こうした技術を地上に還元すれば、現在のような便利な生活をしつつも環境を守り、地球を元のきれいな状態に戻していくことも可能ではないかと感じました。そういう意味でISSは人類の将来に非常に良いお手本であり、人類の将来を見せてくれています。

「きぼう」利用には大きな可能性が

——日本の「きぼう」についてはどうですか。

油井　「きぼう」はISSの中でも多機能で高機能という両方をそなえた実験施設になっています。ほかのクルーも「きぼう」の広さや静粛性をほめてくれ、私は非常に誇らしく思いました。「きぼう」は大きな可能性をもっています。実験の成果が生活や産業に直結するようなさまざまな研究ができるようになっています。たとえば、私がISSに到着して最初に行ったのは高品質のタンパク結晶を作る実験でした。その成果は私よりも先にソユーズ宇宙船で地上に戻ってきました。こうした実験が一番期待されているのは創薬の分野でしょうね。私自身も興味を持って見守っています。

©JAXA/GCTC

——「きぼう」には小動物飼育装置や静電浮遊炉といった新しい実験装置が運ばれました。

油井:小動物飼育装置は私が組み立てとチェックアウトをして、その作業中にわかった技術課題への対応も地上のチームと一緒に行いました。海外の国も注目している装置で、成果が期待されていると感じました。静電浮遊炉は帰還が早まったため、装置組み立てまでは担当できなかったのですが、静電浮遊炉の重要なコンポーネントの確認作業を前倒しで実施し、万全な組立作業開始にむけての目途をたてました。静電浮遊炉は、3000℃もの高融点材料の熱特性を計測できる装置なのですが、微小重力環境を生かした性能であり、地上では計測できなかった酸化物の熱物性の計測実験ができたり、耐熱に強い材料の研究開発に役立てることができます。日本はモノづくりに優れています。新しい材料ができると一気にモノづくりが進みます。そういう意味でこの装置は日本の今後のモノづくりに非常に大きな貢献ができる可能性を秘めていると思います。

——船外実験プラットフォームの利用も進んでいますね。

油井　高エネルギーの宇宙線やガンマ線を測るCALETはとても素晴らしい実験装置で、私は天文学に非常に興味があるので注目しています。ISSが素晴らしいのは、電源とか冷却機能がすでに整っていることです。観測装置や実験装置を設置すればすぐに実験を開始できます。

——超小型衛星の放出についてはどう感じましたか。

油井　これはエアロックとロボットアームを備えた「きぼう」でしか実現できません。すでに100を超える超小型衛星が放出されており、まだまだ計画されていて、超小型衛星打ち上げ手段のスタンダード化を目指しています。アジアの方々、世界中の方々に「きぼう」の能力を知っていただければ、「きぼう」の利

用はもっと進みます。超小型衛星の放出はその良い例で、宇宙開発の分野で日本がリーダーシップをとる機会も増えていくのではないかと思います。

絶対にできると信じて「こうのとり」をキャプチャ

——チーム・ジャパンでの「こうのとり」のキャプチャについてうかがいます。メディアでもずいぶん取り上げられたのですが、ISS上ではどうでしたか。

油井　補給船の不具合が続いていたので、実はISSでは石鹸とか一部のものが心細くなっていたのです。そういう中でのキャプチャだったので、これは責任重大だなと思っていました。もし「こうのとり」までうまくいかないと、6人での長期滞在自体に影響が出る可能性もありましたから。ただ訓練は地上でもISSに行ってからも、しっかりやっていましたから、これまでやったことを信じて、「絶対できる」という強い気持で臨みました。

——ヒューストンには若田宇宙飛行士がいましたね。

油井　若田さんからは的確な指示を事前にも、その場でも頂きました。若田さんの声を聞いた時にはリラックスできました。そのバックに、筑波の管制室との緊密なコミュニケーションがあることもわかっていましたから。それがあったからこそ、私も落ち着いてキャプチャができたのだと思います。

——あらためてISS計画の中での「こうのとり」の役割の大きさを感じたのではないですか。

油井　そうですね。「こうのとり」はみんなからとても期待されています。大きな実験装置を運べますし、最近はレイトアクセスといって、打ち上げぎりぎりまで物を積むことができるなど、逐次能力が発展しています。「こうのとり」に限らず、宇宙開発全体に対して日本に対する信頼は非常に高いものがあると私は感じました。

さらに上を目指していきたい

——日本人宇宙飛行士の累積宇宙滞在日数は1000日を超えました。

油井　私が滞在している間に累積滞在1000日という区切りを迎えられたことは、非常に光栄です。これはロシア、アメリカに次ぐ世界第3位の記録です。宇宙飛行士の活動だけでなく、地上の訓練や運用の技術も含め、日本は世界第3位の宇宙大国といえます。ただしこれは一朝一夕にできたものではなく、これまでの日本の有人宇宙活動の不断の努力の結果だと思います。この地位を守り、さらに上を目指していくために今後も一生懸命頑張っていきたいと思っています。

——ソユーズ宇宙船に搭乗して、どのような印象をもちましたか。

油井　ソユーズは長い歴史をもつ宇宙船ですが、改良を続け、どんどん安全で高機能な乗り物になっています。古い物を使いつつ機能を向上させるために改良を続けていくというロシアの仕事の仕方は非常に面白いと思いました。ソユーズが非常に安全で信頼性が高いことは、訓練でわかっていたのですが、やはり実際にとても優れた乗り物でした。

——カザフスタンに着陸した時の印象をお聞かせください。

油井　ISSでは季節感はあまりないのですが、地上に降りてきて、きびしい寒さを感じ、周りの雪を見て、地球に帰ってきたと実感しました。それから、やはり重力ですね。体が重いのに気がついた時に、何か地球に包まれているというか、抱き止められているような感じを受けました。

——ソユーズで宇宙に行き、そして帰還しました。テストパイロットの経験も踏まえ、日本が将来有人宇宙船を開発するようになった場合に参考になることはありましたか。

油井　とても参考になりました。どういう部分が足りないのか、どういう部分を今後やっていかなければいけないか。宇宙船というのはどういう操縦のしやすさでなければいけないか、宇宙飛行士への情報の与え方はどうあるべきか。本当にいろんなことがわかりました。それは非常に良かったです。

——ISSの長期滞在は今後、大西さん、金井さんと続きます。これからの日本の有人宇宙活動にどのように取り組んでいきますか。

油井　日本が2024年までの運用延長に参加したことは非常に素晴らしいと思います。今後、次から次へ、新しいことをやっていかなければいけないと思っています。私自身、JAXAの新しい世代の宇宙飛行士の先陣としてISSで頑張ってきました。大西さん、金井さんにはさらにその上を目指して頑張っていただきたいと思っています。そうすることによって、「きぼう」の成果はさらに大きくなりますし、国際社会における日本の信頼も高まっていきます。私自身もそうした活動を継続していきたいと思います。機会があれば、また宇宙に行って、さらなる成果につながることに挑戦したいですね。

1.第44次／第45次長期滞在クルー。　2.宇宙飛行士のISS滞在開始15周年を祝う第45次長期滞在クルー。　3.地上へ帰還した油井宇宙飛行士。　4.大西卓哉宇宙飛行士（左）と金井宣茂宇宙飛行士（右）。

新たな日米協力のもと、「きぼう」のさらなる利用拡大をめざしたい

2024年までの国際宇宙ステーション（ISS）の運用延長に日本も参加することが決まりました。新しい段階へと入った、ISS・「きぼう」日本実験棟の利用の将来について、浜崎敬理事に聞きました。

取材・文：寺門和夫（科学ジャーナリスト）

ISSにドッキングした「こうのとり」5号機の非与圧部から、曝露装置をロボットアームで取り出す。
©JAXA/NASA

日米が協力してさらに大きな成果を出していく

――2024年までのISS運用延長に日本も参加することが決まりました。JAXAとしてこれをどのように受け止めていますか。

浜崎　『JAXA's』62号で、「きぼう」の利用は今「収穫期」に入っており、①国の科学技術イノベーション戦略にそって「きぼう」を使っていく、②民間企業の利用にスピード感を持って対応していく、③それらに合わせて「きぼう」の利用を質的・量的に向上させていくということをお話しさせていただきました。

今回2024年までの延長参加が決まったことは、これまでのJAXAの取り組み、「きぼう」利用方法の拡大等が政府からも評価をいただき、今後さらに新しい利用の枠組みを考えるべしということだと思います。ISSの利用は、これまで各国が国の事情にあわせて独自に行うのが基本でしたが、今回の運用延長にあたって、日本とアメリカの間で「日米オープン・プラットフォーム・パートナーシップ・プログラム」を結びました。これは、日米が協力して互いの施設や実験装置などを活用し、さらに大きな成果を出していくことが期待されていると考えます。

――日米のパートナーシップのもとでISS利用となると、具体的にどのようなことをしていくことになりますか。

浜崎　まず、「きぼう」にしかない機能、つまりエアロックとか船外実験プラットフォーム。こうしたものをアメリカ側にもっと使ってもらえるよう、協力しようと思います。それだけに止まらず、日米が共同でアジアの国々に対して、ISSの利用機会を提供していくことも想定しています。また、両国の実験装置の相互利用もあります。お互いの国の装置を使うことは、これまで研究者レベルでの協力はありましたが、今後は国レベルで戦略的な活用を進めていきたいと思います。アメリカ側からは小動物（マウス）の飼育装置、静電浮遊炉などの使用希望がすでに出ています。もちろん、お互いに大事なノウハウがありますし、研究には競争が必要ですから、競争環境を保ちながら協力を進めていきます。日本とアメリカがお互いに利益を得られるような仕組みを考えていこうと思っています。

「きぼう」の利用をさらに拡大

――ISSの運用延長により、今後「きぼう」での実験はどうなっていくのでしょうか。

浜崎　まず実験装置の改良をいろいろ考えています。利用者の視点にたって実験装置の使い勝手を改善し、実験準備から実験結果を得るまでの時間（ターンアラウンドタイ

ム)を短縮できれば、民間の研究開発スピードに近づくことになりますので産業界の利用に貢献できると思います。「きぼう」の実験装置やロボットアームは、今では地上から操作することが多くなっていますが、今後さらに機能向上を図っていきます。実験装置のサンプル交換などもどんどん自動化していきたいと思います。そうすれば、軌道上での宇宙飛行士の貴重な時間はより複雑・緻密な作業や実験に集約させるなど、効率化と効果的な使用ができます。ロボット技術や自動化はこれからのISSを考える上で非常に大きなテーマですし、将来の宇宙活動についても非常に大きな役割を果たします。

研究テーマについては、第一段階としてタンパク質実験による創薬研究への貢献、健康長寿社会への貢献という部分に絞り込んでスタートしていますが、今後は国の科学技術イノベーション戦略などで重要視されているロボット、センサー、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、光技術などにも取り組んでいきたいと考えています。

日本人宇宙飛行士が重要な役割をはたす

――油井亀美也宇宙飛行士がISS長期滞在から帰還しました。今年6月頃には大西卓哉宇宙飛行士が長期滞在を行い、さらに金井宣茂宇宙飛行士の長期滞在も決まっています。日本人宇宙飛行士の長期滞在は「きぼう」の利用にどのような役割を果たしていますか。

浜崎　アメリカやヨーロッパの宇宙飛行士も日本の実験装置を操作できるよう訓練を受けています。しかし、日本人宇宙飛行士は日本の装置に関する知識が豊富ですし、開発者や研究者とのコミュニケーションもあります。ですから、「きぼう」に設置される日本の実験装置の運用改善に当たってくれるという点で、日本人宇宙飛行士の役割は非常に大きいのです。2015年8月に「きぼう」に運ばれた小動物飼育装置や静電浮遊炉は、油井宇宙飛行士が初期チェックや機器の事前確認、地上の運用管制官との改善提案のやりとりを行い装置運用の目途をつけました。このフィードバックを生かして、大西宇宙飛行士がこれらの装置をフル稼働にもっていくことになります。こういう点で、非常にうまくつながりができていますから、2024年まで継続的に日本人宇宙飛行士をISSに送っていきたいと思います。

――「こうのとり」の役割は今後、どのようになっていくでしょうか。

浜崎　「こうのとり」には、アメリカやロシアの補給船では運べない大型の貨物もたくさん運べるという能力があります。500kg近い重さを持つ実験装置がそうですし、今年の「こうのとり」6号機からは、ISSを動かすバッテリーを4回のフライトに分けて運び、ISSで使われるバッテリーを最新化することになっています。「こうのとり」にしかできない役割があり、これがISSの根幹を支えています。アメリカからは運用延長においても「こうのとり」がその役割を果たすことを強く要請されています。

ただし、「こうのとり」は開発してからだいぶ時間がたっています。今回、運用が4年延長されましたので、新たな機能を付け加えた後継機の開発を行いたいと思っています。私たちの試算では、新たな開発費をかけても、最新の技術で置き換えることによって、全体のコストは安くできます。打ち上げるロケットも現在のH-ⅡBよりも打ち上げコストが安価となるH3になりますから、その分のコストも安くなり、ISS運用経費の圧縮も実現できると思います。

宇宙活動の将来に役立つ日本の技術

――月や火星を目指す国際宇宙探査の動きもあります。これについてJAXAはどのような役割を果たしていきますか。

浜崎　月とか小惑星、あるいは火星とかいろいろな話が出ていますが、まだ何1つ決まっていません。政府レベルでもそういう事情を認識して、国際宇宙探査の将来について様々な国の閣僚級が話し合うISEF(国際宇宙探査フォーラム)というものが作られました。1回目はワシントンで開かれ、2回目は2017年の後半に日本政府が招致して会合が行われます。今後、参加の是非、参加する場合の形態について白紙の段階からの議論が政府で始まることになります。JAXAは日本の宇宙開発を技術で支える中核的実施機関になっている国立研究開発法人ですから、政府がいろいろな決定をする際の参考となる技術情報を準備しておくのが私たちの責任であると思います。現在研究開発を進めているものの中で何ができるのか、日本としてどういう技術を分担するのが国の科学技術政策、あるいは民間の支援という意味で一番役に立つのか、さまざまな検討を行っていきたいと思います。

――日本がISSで研究開発している技術の中には、国際宇宙探査において優位性をもつ技術がいろいろあると思いますが。

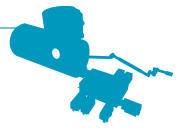
浜崎　そう思います。日本が参加するのであれば、当然のことながら、日本の産業のイノベーションにも貢献できるコアの技術を狙っていきたいと思います。日本企業のすぐれた技術を生かした環境維持技術、さきほどもでてきた自動化やロボット技術などはその例といえます。

ISS計画の目的は人類への恩恵をもたらすこと

――NASAではISSの成果をまとめた『ISS:人類への恩恵』(Benefits for Humanity)という本を発行しています。ISS計画の一番の目的はまさに人類への恩恵だと思いますが、いかがでしょうか。

浜崎　先日NASAの会議に行ったのですが、そのときこの"Benefits for Humanity"に関連した話がありました。この本は各国がISSで行った成果がまとめられています。"Benefits for Humanity"はISS計画がスタートした時からのキーワードです。この本の編集長は「これまでは各国がISSの建設や実験装置の開発などに忙しく、ISS利用の将来像について十分議論できなかった。そういう意味で、日本からの提言がきっかけで作られたこの本は非常に貴重だ」と言っていました。各国がISS利用について情報共有し、可能なところは協力していく段階にようやくきました。ISSをみんなで使って大きな成果を出す時代に入りつつあるということだと思います。

浜崎 敬
HAMAZAKI, Takashi
宇宙航空研究開発機構理事
有人宇宙技術部門長

新たな時代へと進む「きぼう」の利用

**油井亀美也宇宙飛行士のISS長期滞在は大きな成果をおさめました。
今年6月には大西卓哉宇宙飛行士の長期滞在がはじまり、
2017年には金井宣茂宇宙飛行士がこれに続きます。
「きぼう」の利用と、日本の有人宇宙活動の今後について聞きました。**

取材・文:寺門和夫(科学ジャーナリスト)

大きな成果を得た油井ミッション

——油井亀美也宇宙飛行士のISS長期滞在にはどのような成果がありましたか。

三宅　油井宇宙飛行士の長期滞在中に日本人の宇宙滞在累積日数は1000日を超え、ロシア、アメリカに続く第3位の位置を維持しています。

油井宇宙飛行士の長期滞在の成果についてですが、大きく3つあります。まず、チーム・ジャパンでの「こうのとり」5号機のキャプチャに代表されるように、ISS計画での日本のプレゼンスを発揮できたということです。他国の補給機の不具合が続く中、「こうのとり」は3週間前に緊急物資を追加で搭載してISSに届け、窮地を救いました。パートナー国からは日本の技術を高く評価してもらいました。今回のISSの運用延長参加について、NASAの長官が「日本は重要で大切なパートナーだ」というプレスリリースをすぐに出してくれたのは、その証だと思います。こうしたことが今後のISS運用の大きな力になると思います。

ISSのロボットアームでキャプチャされた「こうのとり」5号機。

2つ目は、小動物飼育装置(P11参照)、静電浮遊炉(P12参照)、CALET(高エネルギー電子、ガンマ線観測装置)、ExHAM(簡易曝露実験装置)(P13参照)など新しい実験装置が「きぼう」に届けられ、新たな利用環境がつくられつつあることです。特に、簡便にセンサや材料などの長期曝露実験が行えるExHAM(簡易曝露実験装置)によって、船外実験プラットフォーム利用の利便性もあがりました。これらに加え、エアロックとロボットアームをもつ「きぼう」でしかできない超小型衛星の放出なども、今後の「きぼう」利用で重要な役割を果たします。

3つ目は、油井、大西、金井というJAXAの新しい世代の宇宙飛行士が、今後「きぼう」利用の中心的な役割を果たしていくということです。その先陣として、油井宇宙飛行士はテストパイロットだった経験も活かし素晴らしい仕事をしてくれました。大西、金井両宇宙飛行士がこの経験を受け継ぎ「きぼう」の利用価値をさらに高め、将来に向けた技術実証に活躍してくれることを期待しています。

三宅正純
MIYAKE, Masazumi
有人宇宙技術部門
国際宇宙ステーション
プログラムマネージャ

国の戦略に沿う「きぼう」の利用へ

——今後行われる「きぼう」での実験についてうかがいます。

三宅　「きぼう」での今後の実験には、国の科学技術イノベーション戦略に沿った、研究の成果が産業や私たちの生活にいかに役立つかという視点が求められています。たとえば、高齢化が進む日本社会のいろいろな課題解決に宇宙医学(P14参照)や生物実験の成果を活用する。あるいはタンパク質の結晶生成実験(P10参照)を創薬につなげるというようなことです。これからの実験テーマは、国の戦略に合っているかどうかを考えて選定し、確実に成果をだしていきたいと考えています(P9参照)。

——「きぼう」からの超小型衛星の放出は、自国で打ち上げ手段をもたない国から注目されているようですね。

三宅　「きぼう」からはすでに100個以上の超小型衛星を放出しています(P13参照)。今年はフィリピン初の人工衛星「DIWATA-1」を「きぼう」から放出しますが、この衛星はこれまでの超小型衛星より

も大きく、重量も50kgあります。今後は、さらに大きな衛星を放出できるように工夫したいと思っています。2015年12月に行われたAPRSAF(アジア・太平洋地域宇宙機関会議)でもJAXAが提供できるサービスについて説明しました(P15参照)。アジアの国々が求めていることに応えられるものがあれば、どんどん実現していきたいと思います。

宇宙探査の新時代へ

――国際的な宇宙探査に対する取り組みはどうなりますか。

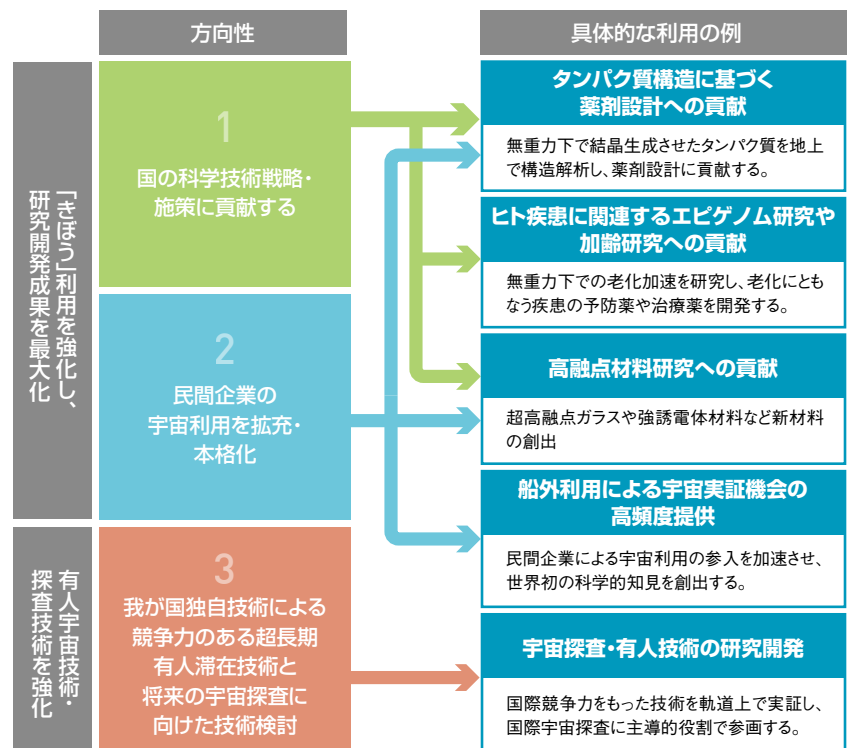
三宅　日本独自の革新的な宇宙探査・有人技術を研究開発するためのプラットフォームとして「きぼう」を使っていきたいと考えています。2017年に日本で開催されるISEF(国際宇宙探査フォーラム)では、月や火星探査に向けての国際協力のあり方が議論されることになっています。これからの探査は一国でできるものではありません。国際協力を行う場合、日本はISSでの経験をもとに、いろいろな貢献ができるはずです。

例えばトイレだけでなく、廃棄物や生ごみなどからも水を回収し再利用するといった閉鎖型環境制御技術です。私たちはISSで今使われている装置と比較して、メンテナンスフリー、小型軽量、消費電力半分にしたいと思っています。こうした環境制御技術には日本のすぐれた地上技術を応用することができ、日本のプレゼンスを示すことができるのではないかと思います。そのほか、超長期滞在での放射線防護や日本の強みであるロボット技術の月面での利用など、いくつもの技術が検討の対象になっています。こうした技術の開発や実証をISSで行っていきます。

また、「こうのとり」(HTV)については、これまで獲得した技術をふまえてHTV-X(仮称)を開発する予定です。HTV-Xは低コストでのISSへの物資輸送を実現するとともに、将来は軌道上サービス機などへの応用も可能になります。

――「きぼう」は新しい利用の時代にはいりつつあるわけですね。

三宅　「きぼう」は日本の貴重な財産です。あらゆる観点から利用最大化の可能性を考え、少しでもできることがあればそれを追求していきたいと思います。

国の科学技術イノベーション戦略や民間が活用する「きぼう」利用へ

今後の「きぼう」の利用最大化を目指し、私たちは大きく3つの方向に転換を進めています。1つは、国の科学技術イノベーション政策に沿った「きぼう」の利用です。国が進める研究の進展に「きぼう」を生かします。また、「きぼう」ならではの強みを生かして研究の発展やスピードアップにつなげることを目指しています。

その柱として、微小重力環境が骨や筋肉量の急激な低下をもたらす特長を生かして、健康長寿の政策に貢献します。「ヒト疾患に関連するエピゲノム研究」(ヒトの遺伝子配列を変えることなく、環境因子によって遺伝子のはたらきが変わるしくみの研究)や「臓器立体培養等の再生医療に関する研究」分野などで新たな「きぼう」利用テーマ候補を選定しました。2015年には、「きぼう」に小動物飼育装置が整備されました。微小重力が骨量・筋量・免疫の低下現象の加速をもたらす影響を活かした宇宙実験を通じて、疾患指標(バイオマーカ)探索や加齢研究の加速など、健康長寿社会に取り組む国の戦略的な研究への橋渡しを目指しています。

2つめは、宇宙での産業競争力の強化、民間企業による宇宙利用の拡充・本格化です。10年以上もの実験を通じて、他国には無いタンパク質結晶生成技術を生かして創薬研究への貢献を加速化しています。2016年には静電浮遊炉が新たに稼働し、金属から絶縁体までの3000℃におよぶ高融点材料の熱物性データを非接触で取得できる、世界唯一「きぼう」ならではの材料研究プラットフォームを目指しています。さらに「きぼう」からの超小型衛星放出や利便性を高めた簡易な船外利用のインターフェース機器を提供します。実験装置や実験技術の発展を通じて、1、2年に1回程度であった実験機会を年数回に高頻度化や実験準備期間の大幅な短縮等を進め、民間企業のスピードに応えていきます。

そして、もう1つの柱は、「きぼう」の運用性能を今以上に発展・効率化する技術や超長期の有人宇宙滞在に向けた技術の獲得です。生命維持・放射線防護・(飛行士活動支援の)ロボティクスなど、国際競争力をもった日本独自の有人宇宙滞在技術を洗練させていきます。そのために、「きぼう」を技術実証プラットフォームとしてその機能を最大限使い尽し、我が国独自で国際競争力をもった超長期有人滞在技術を早期に実証します。

小川志保
OGAWA, Shiho
有人宇宙技術部門
きぼう利用センター
きぼう利用企画グループ
グループ長

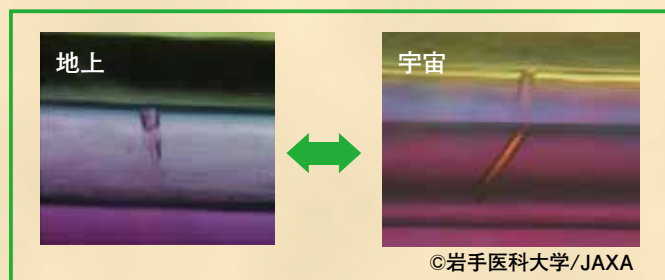
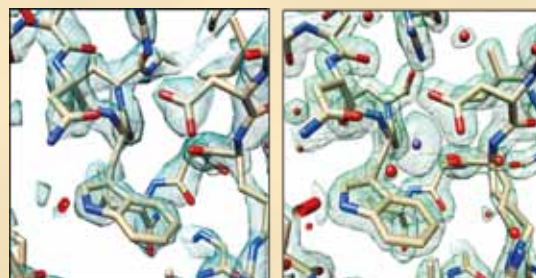
新薬の設計を支えるプラットフォームへ

世界で唯一微小重力下での結晶化実験を「トータルパッケージ」で提供。
革新的な新薬創製に貢献！

タンパク質結晶化技術　Protein Crystal Growth Technology

JAXAでは、10年以上にわたる技術開発を通じて、微小重力下でのタンパク質結晶生成技術を確立してきました。現在は「開発・実証」フェーズに入っており、筋ジストロフィーや多発性硬化症、アルツハイマー病などの治療薬の開発に向けて、価値あるタンパク質の立体構造情報を提供できる確率も向上しました。日本の技術は、「条件を整えれば約6割の確率」で、地上（重力下）で生成した結晶に比べ、より良質なX線回折構造データを取得できる。そして、構造解析をあきらめていた試料の構造決定を可能にしたり、高精度なタンパク質分子構造座標が得られるようになりました。
現在、地上での試料の性状確認・精製・結晶化条件の最適化から、宇宙実験、結晶の回収返却、SPring-8（大型放射光施設）と連携した実験データのフィードバックまでのトータルパッケージでの提供と、ターンアラウンドタイムの短縮、スピードアップを進めており、今後さらに利用の幅を広げ、世界最高水準のタンパク質結晶化のプラットフォームとして革新的な新薬創製研究に貢献していきます。

JAXA PCG実験に関する作業を行う油井宇宙飛行士。

実験後、地球に戻ってきたタンパク質の容器
（赤枠の大きさ　縦約10cm×横約3cm）。

タンパク質結晶の地上と宇宙の違い。

分解酵素DPP11の電子密度図（左:2.46Å、右1.66Å）とカリウムイオン(紫)
歯周病原因菌の生育に重要なタンパク質の立体構造を解明。
（提供:岩手医科大学　阪本氏）

10年以上の技術の蓄積をベースに、世界をリードする成果創出を目指す

松本邦裕
MATSUMOTO, Kunihiro
有人宇宙技術部門
きぼう利用センター
技術領域リーダ

JAXAでは、タンパク質の結晶生成について10年以上にわたって技術開発を行っています。「きぼう」の利用開始は2008年からですが、2013年3月までに結晶生成実験を6回行い、89種類のタンパク質を実験しました。この第1期において積み上げた経験をベースに、2013年からは第2期の開発・実証フェーズに入っています。すでに筋ジストロフィー治療薬などの研究開発に関して成果を上げていますが、日本がトップを走ってきたこの分野も、米国の追い上げもあり我々もうかうかとしていられない状況です。

このため、JAXAでは成果の最大化へむけた取り組みとして「外部機関などとの戦略的な連携の推進」「成果の早期創出を目指した創薬研究以外の取り組み」を行っています。また、「ユーザの利便性拡大」のため、実験期間の短縮を実現する「浸透チューブ法」や、創薬ターゲットである膜タンパク質などを安定的に扱うための「4℃結晶化実験」などの新しい技術の開発も進めています。これにより、地上と宇宙での実験技術を組み合わせたトータルパッケージのサービス提供を目指しています。

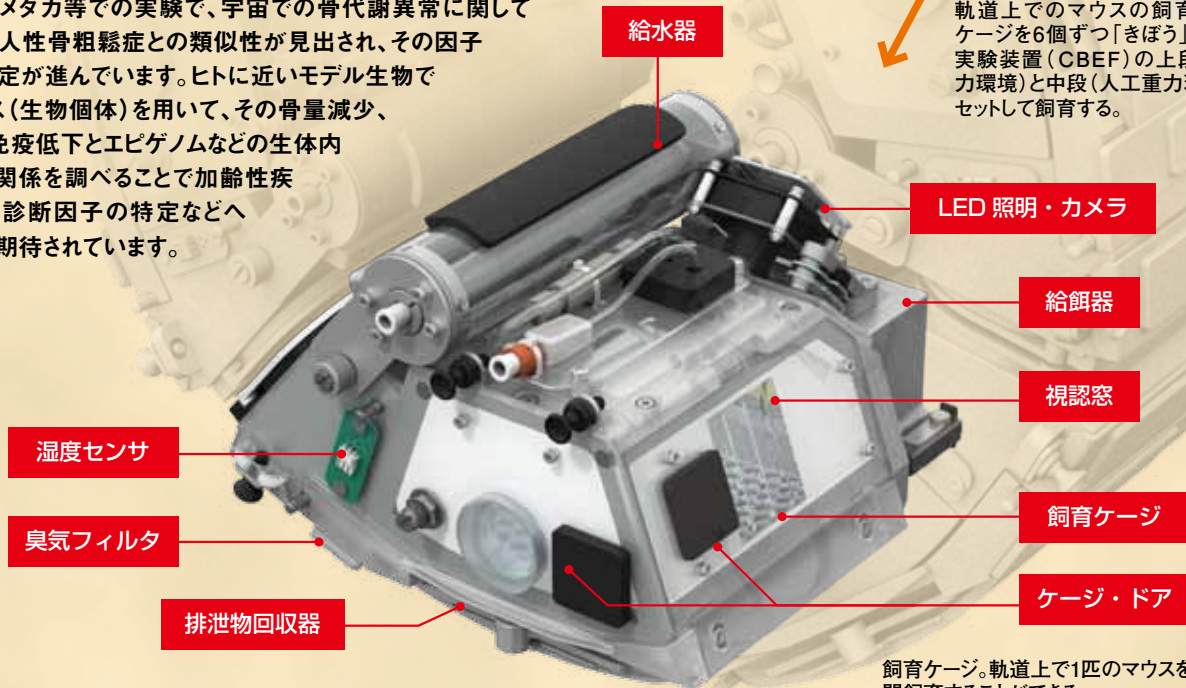
加齢研究を支えるプラットフォームへ

**微小重力環境では、骨や筋肉量の低下が加速します。
その仕組みがわかれば、お年寄りの健康予防対策や、加齢研究への糸口が見えてきます。**

小動物飼育装置（MHU） Mouse Habitat Unit

無重力と人工重力（1G）の比較実験ができる初めての装置。加齢研究の進展に大きな役割を担う!

「きぼう」では、これまで細胞、微生物、植物、さらにはメダカやゼブラフィッシュを用いたライフサイエンスの実験が行われてきました。今回「こうのとり」5号機で宇宙に上げられた「小動物飼育装置」は、より人間に近く、地上での研究症例の多い小動物（マウス）を使って様々なライフサイエンスの実験を行うための装置です。この装置は1匹ずつ個別のゲージに入れられた12匹のマウスを、無重力と人工重力の2つの環境に分けて、長期間同時に重力のある無しの比較実験が行える世界で初めての装置です。
人間（ヒト）で生じる骨量や筋量が低下する機序解明と地上の加齢・寝たきり等による症状の類似性に着目して、微小重力環境における生物の影響（組織や遺伝子レベル）を探索的に調べます。既に、メダカ等での実験で、宇宙での骨代謝異常に関して地上の老人性骨粗鬆症との類似性が見出され、その因子候補の特定が進んでいます。ヒトに近いモデル生物であるマウス（生物個体）を用いて、その骨量減少、筋萎縮、免疫低下とエピゲノムなどの生体内情報との関係を調べることで加齢性疾患の早期診断因子の特定などへの貢献が期待されています。

軌道上でのマウスの飼育。飼育ケージを6個ずつ「きぼう」の細胞実験装置（CBEF）の上段（無重力環境）と中段（人工重力環境）にセットして飼育する。

飼育ケージ。軌道上で1匹のマウスを約30日間飼育することができる。

生物学や医学の分野での動物実験はとても重要で、動物福祉の立場から適切な配慮をした上で実施されます。人間に近い哺乳類のマウスを使った宇宙での実験は、地上での医学の発展にも大きく寄与すると考えます。

古川聡
FURUKAWA, Satoshi
有人宇宙技術部門
宇宙医学生物学研究グループ長
宇宙飛行士

筋肉や骨だけではない総合的な視野での研究にレベルアップ

宇宙における生物の研究は、重力や放射線による筋量や骨量への影響の研究から、免疫低下やエピゲノムをはじめとする生体内情報の研究へとより総合的な視野へレベルアップしてきています。
小動物飼育装置は、無重力環境と人工重力環境の両方で同時に実験が行えるという画期的なものです。加齢に伴う影響を考えていくためには、宇宙での重力のあり無しを同時に比較することが重要になってきますので、この装置は今後行われていく様々な新しい実験に重要な役割をはたしていくと期待しています。

白川正輝
SHIRAKAWA, Masaki
有人宇宙技術部門
きぼう利用センター
技術領域リーダ

金属から絶縁体まで、
高融点材料の研究プラットフォームへ

静電浮遊炉（ELF） Electrostatic Levitation Furnace

微小重力環境を生かして、3000℃にもおよぶ高融点材料を浮かせて溶かす！
宇宙で実現する未来の材料の世界。

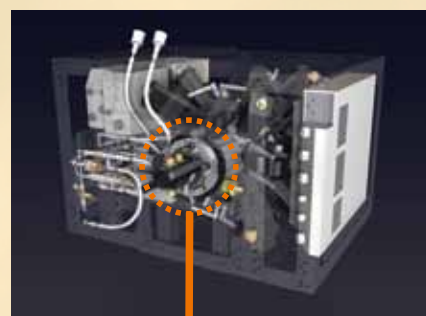
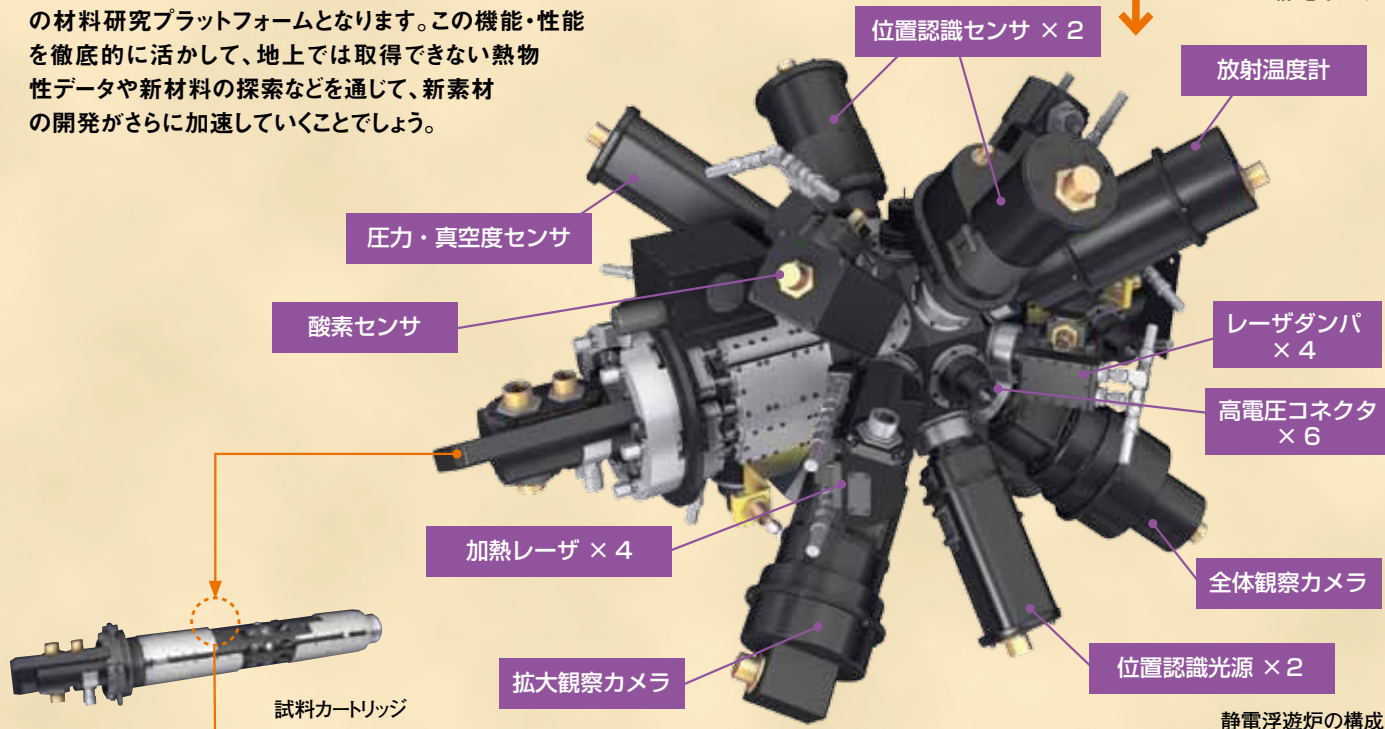
材料を静電気力で浮かした状態でレーザで加熱し溶かすことができるのが静電浮遊炉です。この、材料をいれる容器を使用しない「無容器プロセッシング」は、容器の融点に制限されずかつ容器からの不純物の混入もありませんので、3000℃にもおよぶ高融点材料の実験でも信頼性の高い熱物性のデータを計測することができます。また、溶けた材料を過冷却凝固することで、材料の新しい性質を作り出すことができます。
3000℃にもおよぶ高融点材料の熱物性データは、鋳造・溶接・溶射・結晶成長など液体状態を用いる材料の製造プロセスをモデル化した数値シミュレーションの精度・信頼性向上に生かされます。パラメータの絞り込みや検証に必要となる実験数の削減などを通じて新素材開発のスピード向上、開発コストの抑制が期待されます。
静電浮遊炉は絶縁体に対応できる世界で唯一の実験装置であり、他国にない日本独自の材料研究プラットフォームとなります。この機能・性能を徹底的に活かして、地上では取得できない熱物性データや新材料の探索などを通じて、新素材の開発がさらに加速していくことでしょう。

静電浮遊炉

位置認識センサ ×２
放射温度計
圧力・真空度センサ
酸素センサ
レーザダンパ ×４
高電圧コネクタ ×６
加熱レーザ ×４
全体観察カメラ
拡大観察カメラ
位置認識光源 ×２

静電浮遊炉の構成

試料カートリッジ

試料ホルダ

20年かかって作り上げた日本独自の技術

静電浮遊炉の構想自体は20年前からありますが、具体的に開発が開始されてからも5年近くかかっています。装置の大きさが課題でしたが、民間とJAXAで工夫を進め、民生品を使って「きぼう」の実験ラックに納まるまで小型化できたことが画期的でした。
また浮遊炉技術は、宇宙用としてはヨーロッパ（ESA）の電離浮遊炉などもありますし、地上にもガス浮遊炉、静電浮遊炉などがあるのですが、金属・合金（導体）、絶縁体を問わず試料を「浮かせて溶かす」ことができるのは、微小重力下にある「きぼう」の静電浮遊炉だけです。地上の静電浮遊炉はすでに民間企業の高品質タービンブレードの製造に活用された実績があります。これまで実現できなかった実験環境が整ったことで、今後の未知なる材料の熱物性の把握や画期的な新機能材料の探索などが促進され、日本の産業や社会に貢献できると思います。

中村裕広
NAKAMURA, Yasuhiro
有人宇宙技術部門
きぼう利用センター
技術領域リーダ

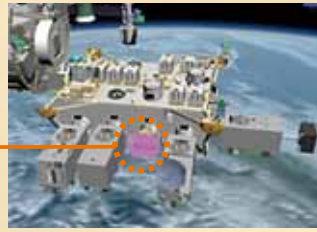
「きぼう」の船外を技術実証プラットフォームへ

船外実験プラットフォーム Exposed Facility

エアロックとロボットアームを備えた「きぼう」だから実現できた、低コストで柔軟性に富んだ船外利用。

「きぼう」の船外実験プラットフォームでは、これまでも「MAXI」(全天X線監視装置)での新たなX線天体の発見などいくつもの成果を上げてきました。また、CALETでの高エネルギー宇宙線の観測も始まりました。この日本の誇る実験施設は、電源系や通信系などのインフラが整備されているため、500kg級の大型の観測機器の設置ができます。さらに、冷媒をポンプで循環させることでプラットフォームの温度を安定化しているため、温度変化による誤差のない精度の高い観測が行えます。
これらの大型の実験装置のほかにも、2016年からは200kg級の中型の実験機器に対応する中型曝露実験アダプター(i-SEEP)による船外利用が始まります。実用衛星の開発に先だって、先端機器やコアな技術を事前に技術実証することは、人工衛星の信頼性を高めることになります。中型の実験機器は、船内の貨物として打上げられ、「きぼう」のエアロックとロボットアームで船外の実験ポートに接続します。船内の貨物輸送は4重の梱包でより安全に運ばれますが、この4重梱包は、打上げ環境条件を緩和し、ユーザにとって厳しい試験の軽減になるのです。さらには、超小型衛星の放出や材料の簡易曝露実験も行っています。ロボットアームとエアロックの組み合わせにより、実験機器や超小型衛星などを何度でも出し入れ、交換が可能となり、例えば半年のサイクルで、船外利用を高頻度に簡便に利用できるようになるのです。

小型衛星放出機構(J-SSOD)から放出された超小型衛星「SERPENS」。

中型曝露実験アダプター(i-SEEP)。

船外実験プラットフォームに取り付ける中型曝露実験アダプター。

「きぼう」の船外実験プラットフォーム。

CALETがメインの検出器カロリメータで高エネルギー宇宙線を検出している イメージ図。

ExHAM
(簡易曝露実験装置)本体。
タイプ1のサンプル(10cm×10cm×2cm)であれば、上面に7個、側面に13個搭載することができる。

「きぼう」の船外利用をもっと開かれたものに

及川幸揮
OIKAWA, Koki
有人宇宙技術部門
有人宇宙技術センター
CALETプロジェクトマネージャ

油井宇宙飛行士が滞在中に、千葉工大の超小型衛星「S-CUBE」とブラジルの「SERPENS」の放出が行われました。この超小型衛星放出の要望は現在ますます増えてきています。また、いままでは1U(10cm×10cm×10cm)、2U(10cm×10cm×20cm)、3U(10cm×10cm×30cm)が多かったのですが、50kg級の衛星のミッションも出てきています。「きぼう」のエアロックのサイズを最大限に利用すれば、将来的には約300kgまでの衛星を放出することも可能です。これは打ち上げ能力を持っていない国々にとって宇宙利用を促進するチャンスになると思います。

また、今回船外実験プラットフォームに設置したCALETのデータが出はじめたところですが、このCALETと同じ規模の観測機器を衛星としてロケットで打ち上げると、過去の3年ミッションの衛星の例では、衛星の総重量は3.6t必要でした。燃料が1tとして、大型観測機器のために、2tのバス機器(電力、通信、姿勢制御などの基本機能設備)が必要になります。ISSでは軌道が決まってしまうという点はありますが、温度環境など安定した「きぼう」の船外実験プラットフォームでの科学観測は、低コストで、安定したデータ計測ができるという大きなメリットを持っています。今後はこれらのメリットをより拡大して、海外や民間企業からの利用機会の拡大を促進していきます。

DATA SHEET

宇宙医学の成果を地上でも役立てる

人類は月や火星への飛行も目指しています。そのためには長期間宇宙に滞在することで起こるいろいろな問題を解決しなければなりません。

骨量・骨密度の低下を防ぐ

筋力・筋肉量の低下を防ぐ

無重力環境に長期間滞在することで起こる骨量・骨密度の低下を薬剤などで防止する研究をしています。また、筋力・筋肉量の低下を防ぐ軽量・コンパクトで運動効果の高い運動器具を研究しています。こうした研究は地上での骨粗鬆症の予防などにもつながります。

長期間閉鎖環境の影響を防ぐ

隔離された閉鎖環境で長い期間生活していると、宇宙飛行士にストレスがかかると予想されます。こうしたストレスを緩和する研究を進めています。

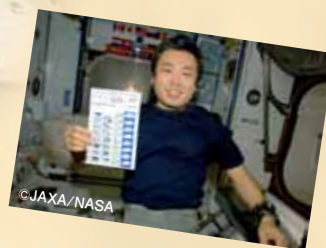
©JAXA/NASA

©JAXA/NASA

免疫機能の低下を防ぐ

宇宙で生活していると、免疫力が低下すると報告されています。腸内善玉菌を増やして宇宙で利用する研究をはじめています。こうした研究は、災害時などの健康維持にも役立つと考えられます。

宇宙放射線の影響を防ぐ

宇宙では宇宙放射線にさらされます。宇宙飛行士が受ける放射線量を調べ、食物や薬によって宇宙放射線の影響をなるべく受けないようにする研究を進めています。

宇宙医学は究極の予防医学

古川聡 FURUKAWA, Satoshi
有人宇宙技術部門 宇宙医学生物学研究グループ長 宇宙飛行士

人間が宇宙で長期間生活すると、体にいろいろな影響がでてきます。そこで、私たちは宇宙飛行士の健康を守る研究を進めています。国際宇宙ステーションでの宇宙長期滞在においてこうした研究は非常に大事ですし、将来もし月や火星へ飛行するとなった場合にも応用できます。これまで私たちが蓄積してきた知識が、大いに役立つと考えています。

私たちが行っている研究をいくつか上げると、骨粗鬆症の薬「ビスフォスフォネート」を宇宙で予防的に飲んで、無重力の宇宙での骨量低下を防ぐ研究があります。被験者として私も参加しました。また、宇宙では免疫力が落ちるといわれていますが、腸内環境をよくしてこれを防ごうという研究を2つ行っています。 1つは乳酸菌を飲んで「善玉菌」をふやす研究、もう1つは善玉菌の餌となる物質を飲んで免疫力を維持する研究です。

宇宙に長期滞在する宇宙飛行士にとって最大の問題は宇宙放射線をたくさん浴びてしまうことです。そこで宇宙で浴びる放射線を正確に測定する研究とともに、抗酸化物質などの食べ物や薬で放射線の影響を軽減できないかを研究しています。

閉鎖環境で長い間暮らすことは、宇宙飛行士にとってストレスになる可能性があります。ストレスを緩和するためには、まずストレスを客観的に評価できる指標をつくらなくてはいけません。最近私たちが筑波宇宙センターの閉鎖環境適応訓練設備で行っている研究は、そのような指標を探すためのものです。

私たちは「宇宙医学は究極の予防医学」と考えています。無重力環境で宇宙飛行士の体に起こる変化は老化現象に良く似ています。そのため、宇宙飛行士の健康を守る研究は、骨粗鬆症の予防など、私たちの健康な生活を守ることにも役立つのです。宇宙医学の成果を地上でも役立てていきたいと考えています。

国際協力がもたらす「きぼう」の貢献

「きぼう」を、宇宙実験を行う場として世界に提供するだけでなく、ネットワーク、人材育成も含めた宇宙の分野でのインフラをつくっていくうえで、日本の担う役割は大きい。

ISS計画での日本の貢献

日米パートナーシップでISSの利用を拡大

第22回アジア太平洋宇宙機関会議（APRSAF-22）（2015.12.1-4、インドネシア・バリ）。ISS/きぼうの利用も重要な議論のひとつ。

APRSAFの事務局もアジアの国と協力で。

アジアの国々との協力推進

強まるヒューマンネットワーク。APRSAF-22にてフィリピンの宇宙関係者と奥村理事長。

APRSAFでの長い活動

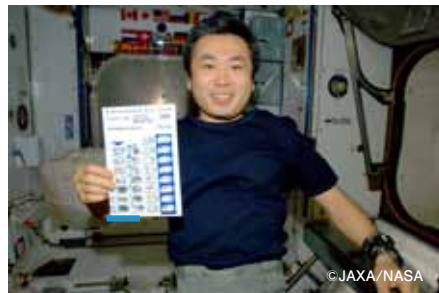
APRSAFではアジアの中高生による水ロケット打上げイベントも。若い世代にも宇宙への関心を高める。

フィリピンの衛星放出

アジアの国々と協力して宇宙利用

今、世界で一番大きな宇宙プロジェクトがISSです。ISSは計画に参加している国だけのものではなく、人類全体の財産といえます。私たちは計画に参加していない国にも仲間になってもらい、一緒にISSを使っていきたいと考えています。特に経済発展著しいアジアの国々では、宇宙技術開発と利用への気運が高まっています。「きぼう」からの超小型衛星の宇宙への放出をはじめ、JAXAが協力できることは非常に多いと思っています。アジア太平洋宇宙機関会議(APRSAF)では活発な議論が繰り広げられています。

鈴木明子
SUZUKI, Akiko
調査国際部
国際課長

ISS Benefits For Humanity

国際宇宙ステーション(ISS)では、世界中の研究者達が、基礎的な科学研究から産業化につながる実用的な研究、技術開発といった様々な分野で、他ではできない革新的な実験に取り組んでいます。その成果は科学技術だけでなく、教育や経済発展にも拡がっています。

「どんな成果が生まれ、どのように身近な暮らしに役立っているか知って頂きたい」。その思いからISS計画に参加している日本、米国、カナダ、欧州、ロシアの５つの宇宙機関は合同で、『Benefits for Humanity（ISS 人類への恩恵）』という冊子をまとめました。その中では、骨量減少予防の実験や、ISSに搭載されている水再生システムの技術を使った浄水活動の成果など、72の例が紹介されています。

骨量減少予防の実験は日米の協力で実施しました。宇宙では重力がほとんどないため、骨が骨粗鬆症の約10倍の速さで減少します。この問題を克服するため、地上で治療薬として使用されてきた薬剤を予防薬として使ったところ、食事・運動・薬の3つが揃えば骨量減少のリスクが減ることがわかりました。このような宇宙飛行士から得られた成果を、高齢者の健康増進や子供の教育に活用することが期待されています。

国際宇宙ステーション
参加15カ国を示す。

骨粗鬆症予防に関するISSでの宇宙実験。

ISSで実証された浄水・濾過技術が地上生活に。

ISSには尿を飲料水レベルまで浄化する生命維持システムが搭載されています。このシステムに使われている浄水・濾過技術を利用することで、清潔な水を入手できずに困っていたイラクの小さな村で水処理ができるようになりました。この技術は商業化され、インド、メキシコ、パキスタンといった国々の水処理に使われるだけでなく、自然災害時や難民キャンプで使われる緊急対応バッグにも活用されています。

宇宙で生まれた成果や技術が、世界中の人々の生活の質を高めるのに役立っています。

NEWS

重力波～宇宙と地上との協調観測に期待

2016年2月11日、米国のLIGO（重力波望遠鏡）研究チームが２つのブラックホールが合体したときに出された重力波を検出したと発表しました。アインシュタインの予測から100年、事実とすれば世紀の大発見です。

LIGOが重力波を検出した時刻とほぼ同時刻に、NASAのフェルミ衛星が重力波と同じ方向から出たガンマ線バースト(突発的な放射)を観測しているという報告もあります。

折しも2月17日、JAXAはＸ線天文衛星ASTRO-H「ひとみ」を打ち上げました。

「ひとみ」は重力波を直接捕まえる衛星ではありませんが、もしブラックホールの合体の際にＸ線、ガンマ線などの電磁波と同時に検出できれば、重力波検出がより確実なものとなるうえ、高い精度で発生源の位置を決定できます。

国際宇宙ステーションに搭載した船外実験装置「MAXI」(全天Ｘ線監視装置)で重力波の到来方向にある候補天体を同定し、そのうえで「ひとみ」で詳細観測する。そのデータをLIGOと共有して研究を進める。そんな形で宇宙と地上との協調観測により総合力を発揮できれば、宇宙の謎の解明に大きな貢献になるでしょう。

発行責任者●JAXA
（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）
広報部長　庄司義和
編集制作●株式会社ビー・シー・シー
2016年3月1日発行

『JAXA's』配送サービスをご利用ください。

ご自宅や職場など、ご指定の場所へ『JAXA's』を配送します。本サービスご利用には、配送に要する実費をご負担いただくことになります。詳しくは下記ウェブサイトをご覧ください。
http://fanfun.jaxa.jp/media/jaxas/index.html

国立研究開発法人
宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency
Explore to Realize

広報部　〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台4-6
御茶ノ水ソラシティ
TEL:03-5289-3650　FAX:03-3258-5051

JAXAウェブサイト　http://www.jaxa.jp/
メールサービス　http://fanfun.jaxa.jp/media/mail/